

# 원자력 압력용기 주자재 SA508 CL3 강의 클래딩 용접성시험(II)

한국원자력안전기술원 : 안희성, 김석원, 양성호

충남대학교 : 이영호

## 1. 서론

원자로 내부벽을 SAW 로 용접할때 용접입열이 클래드와 모재간의 bond 부 및 HAZ 의 기계적특성에 미치는 영향을 조사한 1차 실험결과 와. 더불어 금번 실험에서는 PWHT시간에 따른 충격시험과 전단강도시험 그리고 1차 실험coupon 의 입열에따른 전단강도시험 을 수행하여 PWHT 유지시간이 bond부 및 HAZ 의 기계적특성에 미치는 영향을 조사하는 한편 1차 실험결과를 보완하기 위하여 표면굽힘시험편의 균열이 발생된 부위에대해 금속조직검사를 수행하여 균열발생위치 및 기구를 조사하고 충격시험결과 인성을 약화시키는 요인을 규명하고자 한다.

## 2. 실험방법 및 절차

본연구에 사용된 재료는 1차 실험과 같이 SA508 CL3 로서 500 x 250 x 75t 크기의 3개 coupon 과 ER309L의 90 x 0.5t strip 이었다. 각 coupon 에 용접조건은 Table 1 과 같다.

Table 1 Welding variables

Coupon No	Current(A)	Voltage(V)	Weding speed (cm/min)	Heat input (Kj/cm)
I	1500	30	15.0	180
II	1250	28	12.5	168
III	1000	24	8.9	162

용접 coupon 을 각 4등분하여 620 °C 에서 5 hr, 40hr, 100hr 동안 PWHT 하였다. 각시험편에서 Cv 시험편 3개 , 전단응력시험편 3개씩을 제작하였다. 충격시험편은 클래딩 된 시험편과 304L austenitic stainless 강을 ER308L wire 로 맞대기용접하여 Cv 표준시험편으로 제작하였다. 전단강도 시험편은 평판 mandrel 을 사용하여 시험을 수행 하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 입열 및 PWHT 유지시간이 인성에 미치는 영향

ASME 요건에 따라 측정된 흡수에너지와 전단파면을, 측면확장은 유지시간이 증가할수록 서서히 감소되는 경향을 나타내고있으며 40 시간이후 부터는 비교적 급격한 감소현상을 나타내고있다. PWHT 620°C 에서 유지시간이 증가할수록 bond 부에는 cleavage 형태의 취성파단면이 발달되어감을 알수있었다. 실용적으로 클래딩용접후 620 °C 에서의 40.5 시간의 PWHT조건은 적합한것으로 판단된다.

#### 3.2 입열 및 PWHT유지시간이 전단강도에 미치는 영향

1차 실험coupon 에대한 전단강도는 입열이 증가함에 따라 감소되는경향을 나타내었다. 특히 193 Kj/cm 이상 에서 전단강도는 급속히 감소되었다. 이는 PWHT 결과 모재측의 탄소가 용접부방향으로 이동하여 bond 부에 탄화물이 석출되며 입열이 193 Kj/cm 이상에서 탄화물층이 크게 증가하는 현상에 기인한것이라고 판단된다. 용접 coupon I - III 을 PWHT온도 620°C로 가열하여 유지시간을 변화시켰을때 전단강도는 유지시간이 증가할수록 서서히 감소하였다. 40 시간이후 부터는 전단강도가 크게 감소됨을 알수있었다.

#### 3.3 굽힘시험에 따른 균열부위 조직검사

균열부위를 규명하기위하여 SEM으로 관찰한후 EDAX 로 성분분석한 결과 Cr및 Ni 함유량의 변화에 의거하여 균열은 클래드 부위에서만 발생되었으며 모재까지는 침투되지 않았음을 알수있었다. 또한 균열부위에 석출된 MnS 형태의 유화물이 균열생성의 한요인이 되었으며 클래드내에 Si 및 Mn 등의 산화계재물은 bond 부위의 인성을 HAZ 등에 비해 월등히 감소시키는 요인이 되었다고 판단된다.

### 4.결론

PWHT 시간에 따른 충격시험과 전단강도 시험 그리고 굽힘시험에따른 균열부위를 조직검사한 결과로 부터 다음의 결과를 도출할수있었다.

가. bond 부의 전단강도 및 HAZ 인성치는 620 °C 에서의 PWHT 유지시간이 40 시간이상일때 급속히 감소된다.

나. 굽힘시험결과 발생한 균열은 MnS 가 석출된 클래드부에만 제한되어 있으며 MnS는 균열발생의 한 요인이었다.

다. 균열부위에는 산화계재물이 분포되어있으며 충격인성을 자하시키는 한 요인이었다.

라. SA508 CL3 강은 underclad crack 의 저항이 대단히 큰 강이다.